

## **REABILITAÇÃO ESTRUTURAL E ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS EM TESOURAS DE CAIBRO-ARMADO DOS FORROS OITOCENTISTAS LUSO-BRASILEIROS. PROBLEMÁTICAS DE CONSERVAÇÃO**

## **STRUCTURAL REHABILITATION AND NON-DESTRUCTIVE TESTS IN REINFORCED -RAFTERS SCISSORS OF THE NINETEENTH CENTURY LUSO BRASILIAN CEILINGS. CONSERVATION PROBLEMS.**

**Larissa Camilo e Silva<sup>(1)</sup> (P), Edgar Mantilla Carrasco<sup>(2)</sup>, Eduarda Vieira<sup>(3)</sup>**

(1) Departamento de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Antônio Carlos, 6627, 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

(2) Departamento de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Antônio Carlos, 6627, 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

(3) Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia das Artes, CITAR, Escola das Artes, Universidade Católica Portuguesa, Rua Diogo de Botelho, 1327, 4169-005.Porto, Portugal.

Endereço de contato: larissacamilo@belohorizonte.com

**Código de identificação: T9-15**

### **Resumo**

A arquitetura colonial brasileira é singular devido às diferentes influências européias em sua concepção. Cidades como Ouro Preto, em Minas Gerais, são referência mundial da arquitetura de colônia; os mestres de obras conseguiram edificar exímios monumentos, hoje, patrimônio da humanidade. As obras de conservação e restauro nas últimas décadas no Brasil tiveram um grande impulso, -advindo da necessidade de preservação da nossa cultura e das diretrizes internacionais apresentadas através das cartas patrimoniais. Ensaio não-destrutivo em estruturas de madeira são uma alternativa pouco explorada para estudo e preservação das construções históricas. A tesoura de caibro-armado, sistema construtivo bastante difundido entre os séculos XVII e XIX nas cidades históricas brasileiras, é um exemplar estrutural de cobertura que, devido a fragilidade de sua estabilidade, sofre grandes deformações plásticas e deslocamentos, fragilizando sistemas construtivos subjacentes como os forros e alvenarias. Neste artigo visamos demonstrar a importância do levantamento não-destrutivo- das patologias em estruturas históricas de madeirae descrever d-metodologias de análise não-destrutivas que respeitem a integridade das estruturas históricas.

**Palavras chave:** Estruturas de Madeira; Edificações Históricas; Ensaio não-destrutivo

### **Abstract**

*The Brazilian colonial architecture is singular due to the different European influences in its conception. Cities as Ouro Preto, in Minas Gerais, are world references of the Brazilian colonial architecture. In Brasil - the architectonic conservation and restoration works - have known a great development tin the last decades, mainly due both to the need of historic buildings preservation - and tothe impact of the international conservation charters guidelines.- Non-destructive testing on wooden structures is an unexplored alternative for the study and diagnosis of historical constructions. The reinforced rafters scissors , a constructive system very widespread between the 17th and 19th centuries in Brazilian historical cities, is a structural cover that, because of its inherent -instability suffers great plastic deformations and displacements, weakening underlying constructive systems such as masonry. In this article we aim to demonstrate the importance of the non-destructive methods withinthe characterization of wood pathologies in historical structures, in order to establish new approaches - that respect the integrity of the -historical structures.*

**Keywords:** *Wood Structures; Historical Buildings; Non-destructive testing*

## 1. INTRODUÇÃO

A arquitetura colonial é a grande referência histórica edificada do período de tempo que medeia desde o descobrimento ao desenvolvimento do Brasil Colônia. O período colonial brasileiro abrange os anos de 1500 (chegada de Pedro Álvares Cabral ao Brasil) a 1822 (com a Independência do Brasil). Como agente colonizador Portugal trouxe suas referências arquitetônicas para a então colônia brasileira. No entanto, devido às invasões territoriais e à extensão continental do nosso país outros países europeus como a Holanda, Alemanha, Inglaterra e Espanha também impuseram suas influências na arquitetura brasileira. Algumas características podem ser observadas como edificações margeando vias públicas, inexistência de afastamento frontal e lateral entre os imóveis e as vias urbanas são exemplo da herança nas colonizações europeias [1]

Os estilos predominantes da arquitetura colonial foram o barroco, o rococó e o maneirista presentes em construções militares, civis e religiosas no litoral, no interior e em Minas Gerais, principalmente, a partir do século XVIII. Logo após o Descobrimento do Brasil, as primeiras construções realizadas foram – as fortalezas, erguidas com o objetivo de defesa das vilas e cidades litorâneas. Os arquitetos eram os engenheiros militares e, posteriormente, padres jesuítas, que fundaram vilas e construíram igrejas e conventos [2] .

Hoje, a referência histórica - edificada advém da arquitetura colonial, sendo assim a base da cultura construtiva de nosso país. As principais referências que tratam da preservação e conservação dos bens culturais são as Cartas de Conservação, documentos patrimoniais internacionais, onde -se apontam as metodologias e diretrizes a serem consideradas nas intervenções dos acervos culturais.

A Carta de Cracóvia[3] define que a conservação do patrimônio deverá ser executada de acordo com o projeto de restauro, que inclua o estudo dos materiais tradicionais, ou novos, o estudo e análise estrutural e dimensional e a identificação dos significados histórico, artístico e sócio-cultural. O projeto de restauro deve basear-se num conjunto de técnicas apropriadas e ser elaborado com as informações que compreendem por completo o edifício ou o sítio. A Carta recomenda ainda que sejam evitadas as reconstruções de partes significativas de um edifício, baseadas no que os responsáveis técnicos pela intervenção julgam ser o seu “verdadeiro estilo”.

A preservação e conservação de bens históricos edificados são temas que exigem conhecimento específico, devendo evitar-se a aplicação dos conhecimentos empíricos - inadequados, geralmente adotados nas obras de restauro pelas empresas, que não garantem -estarem técnica e cientificamente habilitadas para realizar as intervenções. Apesar das diretrizes apresentadas em documentos, como as Cartas Patrimoniais, é importante mencionar que não existem atualmente normas para a prática de conservação e restauro de bens culturais imóveis, apenas uma resolução criada pelo ICOMOS (2001)[4] Onde são observados os limites e critérios a serem obedecidos pelos construtores e restauradores no canteiro de obras.

No Brasil não existem normas técnicas (ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas)[5] específicas para a prática de conservação e restauro em bens edificados. Apenas algumas normas brasileiras direcionadas ao uso do aço (NBR 8800/2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto em edifícios ), madeira (NBR 7190/1997 – Projetos de estruturas de madeira ), fornecem o embasamento teórico aos profissionais da área. Deste modo, no contexto das intervenções em edificações históricas torna-se necessário - um estudo que combine o conhecimento científico e cultural do patrimônio arquitetônico que sirva de base à elaboração de um projecto de restauro /reabilitação.

## 2. A TESOURA DE CAIBRO-ARMADO COMO ELEMENTO ESTRUTURAL DE ESTUDO DE CASO

O caibro como elemento principal dispensa o uso de terças, tesouras ou vigas de cumeeira (Fig. 1). As duas pernas de caibros são conectadas entre si e fixadas na extremidade oposta sobre a linha dos frechais, sendo unidas - pelas ripas. A ausência de alguns elementos estruturais nesta tipologia proporciona um uso maior do vão, possibilitando a adoção, por exemplo, de forro tipo gamela e sótãos. Entretanto a falta da linha baixa nesta treliça causa excentricidades na estrutura sendo o principal deles o empuxo lateral nas paredes, tendo como um dos resultados o desaprumo das alvenarias [6].

### 2.1 Caibro-armado

A tipologia estrutural em análise neste trabalho é a cobertura caibro-armado ou popularmente chamada de *canga-de-porco* [7]. A escolha deste sistema estrutural está embasada na singularidade que a mesma tem no contexto da arquitetura do período colonial e o interesse da resolução das patologias decorrentes das excentricidades na estrutura com a inserção do aço como material na preservação da arquitetura patrimonial do Brasil. Na cidade de Ouro Preto - este tipo de cobertura está muito patente em edificações religiosas e residenciais.

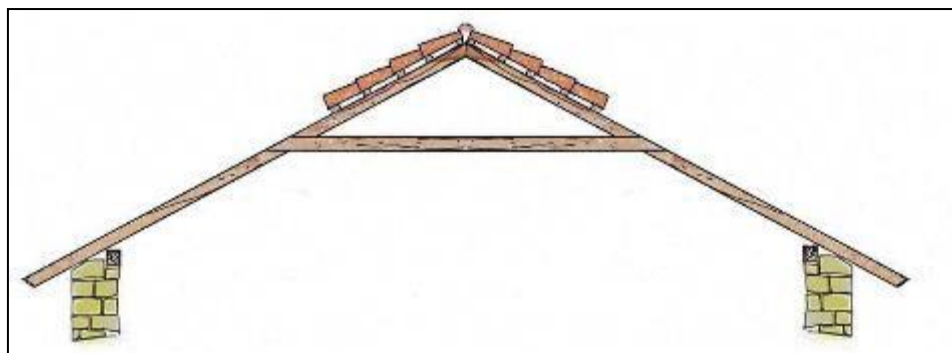


Figura 1: Desenho de uma treliça de caibro-armado.

Fonte: Colin, 2010.

Os mestres carapinas navais exerceram grande influência na adoção da tesoura de caibro armado para a elaboração de telhados, percebe-se a influência destes mestres principalmente no formato “*casco de navio invertido*” das coberturas (Figura 2). Entretanto a ausência da linha baixa na concepção original da tesoura de caibro-armado faz com que o empuxo lateral sobre as paredes contribua para rotações e, consequentemente, deslocamentos laterais das alvenarias. Como solução paliativa para essas rotações e deslocamentos na alvenaria, foram adotadas barras, ora em madeira ora em aço, para travamento das paredes, estabilizando o telhado e dificultando o surgimento das patologias estruturais nas alvenarias [7]. Contudo há edificações, como veremos neste artigo, nas quais os travamentos laterais não desempenham suas funções, permitindo a continuidade das rotações e deslocamentos, além de descaracterizar a tipologia construtiva da edificação, embasando por fim o estudo de caso de tese da autora.

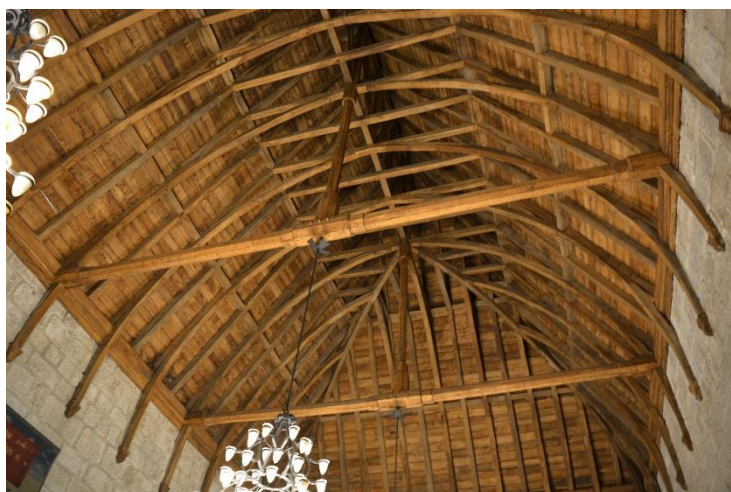


Figura 2: Vista interna da cobertura do Paço dos Duques de Bragança com estrutura em quilha de navio invertida [8]. Guimarães, Portugal.  
- ©Larissa Silva, 2016.

Santos [9] a propósito da arquitectura religiosa de Ouro Preto refere que a maioria dos casos repetia a simetria dos madeiramentos dos telhados; estes possuíam soluções antiquíssimas, que muito se afastam da solução atual e que por isso mereciam uma análise mais detalhada.

Segundo Vasconcellos [10] a técnica de pau roliço e da ripa em régua de Imbiriba foi um sistema estrutural muito comum em grande parte das coberturas da arquitetura colonial. Santos [9] afirma que as coberturas das edificações religiosas de Ouro Preto possuíam, quase em sua totalidade, os troncos roliços e era muito comum o uso dos caibros-armados em quase todas as capelas da época. Para os monumentos que possuem técnicas de construção com sistema aberto (sistemas que não apresentam linha baixa), mesmo apresentando sérios conflitos estruturais, não é possível afirmar, que as excentricidades da estrutura tenham passado despercebidas pelos construtores da época. Vasconcellos [10] acrescenta que houve uma preocupação em adotar condições locais que minimizavam os empuxos, que eram imediatamente incorporados aos novos projetos. O sistema de caibro-armado dispensa a linha baixa, não garantindo assim a rigidez da estrutura, optando pela liberdade de utilização do espaço abaixo dessas tesouras para a execução de forros em gamela ou em abóbada de berço. Assim, para eliminar o empuxo oblíquo faz-se necessária a utilização da linha baixa [9].

Actualmente, o IPHAN, nos Cadernos de Encargos [11], prioriza a estética em detrimento da estrutura. Neste posicionamento, em alguns monumentos, o IPHAN preocupado em manter a integridade física e cultural de algumas edificações, optou por retirar e substituir por completo a tipologia construtiva pré-existente à intervenção. Essa ação foi justificada devido a urgência com que normalmente são feitas as intervenções, encarando-se esta opção como a única forma viável para se manter a integridade do patrimônio. A utilização da madeira como material estrutural requer uma periodicidade na manutenção, a fim de verificar o estado de conservação dos elementos que compõem o madeiramento da cobertura. A umidade é a principal causa das patologias e sua ação provoca o apodrecimento da madeira e o aparecimento de biocolonização (micro e macroorganismos). Entre os fatores principais para o surgimento das patologias por infiltração nas estruturas em madeira estão: deslocamento das telhas e/ou mal estado de conservação, má execução de calhas, rufos ou algerozes e a execução incorreta do arremate das telhas na cumeeira;

O fator tempo por si só não causa depreciação das características da madeira, existem exemplos de estruturas centenárias e até mesmo milenárias em perfeitas condições de serviço, por não terem sido expostas a condições ambientais que favorecessem a sua degradação [12].

Em construções em madeira os insetos xilófagos são os grandes causadores de patologias. E estes podem ser subdivididos em: térmitas (cupins) e coleópteros (brocas). A presença de umidade na madeira acima dos 20% é potenciadora do aparecimento de fungos que podem contribuir para a deterioração estrutural da madeira sendo a podridão cúbica uma das anomalias mais frequentes [13]. - a (Fig. 3) a cobertura de caibro-armado do Teatro Municipal de Ouro Preto nota-se a presença de cupins que acabam reduziam drasticamente a resistência da madeira.

Outras desvantagens características do uso da madeira na construção [14]:

- Preço elevado;
- Enorme heterogeneidade e anisotropia (resistência e variações de dimensão a variarem em 3 direções principais – máxima resistência, mínima retração radial – mínima resistência e máxima retração);
- Quando desprotegida, exibe grande vulnerabilidade aos agentes agressivos;
- Combustibilidade, embora possa ser controlada com ignífugos;
- Variação dimensional com umidade;
- Limitação de dimensões;



Figura 3: Peça em madeira atacada por agentes biológicos no telhado do Teatro Municipal de Ouro Preto.

© Larissa Silva, 2009.

A flexão dos elementos estruturais da cobertura de caibro-armado é provocada pelas seções insuficientes utilizadas nas peças que constituem o madeiramento e à adição de cargas extra no conjunto da estrutura, como também a deterioração das peças causadas pelos ataques biológicos, provocando seu desabamento ou até a sua ruptura.

O empuxo lateral, proveniente da falta da linha baixa descarrega obliquamente as forças nas alvenarias, devido ao fato de não trabalharem a tração [7]. Estes esforços horizontais ( $V_H$ ), que são as resultantes do peso com a força lateral exercida na parede, resultam nas paredes um momento de giro na base igual a:

$$M = V_H \times h \quad (1)$$

Onde  $V_H$  é o *empuxo* horizontal, e  $h$  a altura da parede de apoio dessa estrutura.



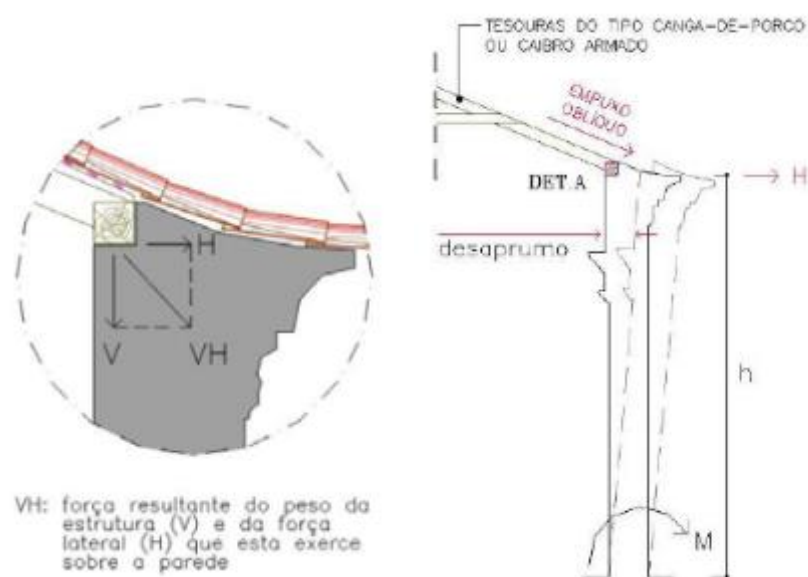


Figura 4: Detalhe dos esforços e rotação das ações causados sobre a parede.  
Fonte: Frederico Almeida, Mosteirinho de Paudalho, s/d.

Santos [9] relata algumas variações estruturais da cobertura de caibro-armado na cidade de Ouro Preto visando à tentativa de melhoria do empuxo nas peças sobre a alvenaria. Paredes de espessuras mais grossas eram utilizadas para minimizar o empuxo lateral, mas também se fez comum a utilização de barras de ferro atirantadas ancoradas nas paredes para absorver as forças horizontais, de modo que restassem somente as cargas verticais para solicitação de esforços nas paredes (Figura 5).



Figura 5: Tirantes revestidos com madeira afim de evitar a continuação dos deslocamentos laterais das paredes da nave da Matriz de Nossa Senhora de Nazaré. Cachoeira do Campo, Minas Gerais.

© Larissa Silva, 2016.

### 3. CONTEXTUALIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

O levantamento dos sistemas construtivos aplicados às coberturas das edificações históricas e mais concretamente das tesouras de caibro-armado que integram a pesquisa de doutoramento da autora, delimitou-se geograficamente ao centro histórico de Ouro Preto e tipologicamente as edificações religiosas históricas do século XVII e XVIII.

#### 3.1 Igreja de São Bartolomeu

A Igreja de São Bartolomeu está localizada no distrito de São Bartolomeu, um dos vilarejos mais antigos de Minas Gerais, com registros datados do final do século XVII, zona rural da cidade de Ouro Preto. Sua construção possui características tipológicas das primeiras edificações religiosas erguidas na região de Ouro Preto em meados do século XVIII [15]. A edificação possui sua alvenaria em adobe e pau-a-pique (sacristia e altar-mor), revestidas por argamassa de cal e areia. O telhado, em madeira, possui duas águas com telhas cerâmicas; a tesoura de caibro-armado encontra-se ao longo da nave, altar-mor e na capela, ao lado direito do altar, destinado à Nossa Senhora do Rosário dos Negros. Os forros da nave, altar-mor e capela, em madeira, com encaixe saia-e-camisa são policromados. Os altares evidenciam talha do Estilo Nacional-Português, isenta da ornamentação antropomorfa, mas com douramento e policromia [15].



Figura 6: Fachada lateral da Igreja de São Bartolomeu.  
©Larissa Silva, 2016.

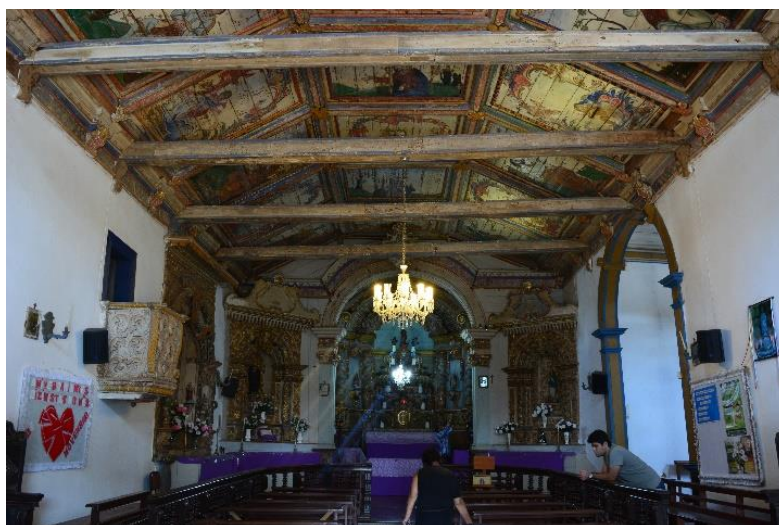


Figura 7: Nave da Igreja de São Bartolomeu.  
©Larissa Silva, 2016.

A primeira Igreja dedicada a São Bartolomeu no distrito foi edificada em outra localização. Contudo, após uma descarga elétrica advinda da queda de um raio, a primeira igreja foi completamente destruída. Na sequência da perda total da edificação em 1834 foi realizada a transferência da sede da igreja, então destruída, para a capela de Santa Efigênia dos Negros, no mesmo distrito, ao qual se manteve a capela ao lado direito do altar-mor dedicado então a São Bartolomeu [15].

O estado de conservação da Igreja é crítico registrando-se perdas de telhas, deslocamentos de ripas e orifícios que permitem a entrada de intempéries na cobertura, como consequência do atual estado de conservação, há perda de policromia dos forros da nave de o altar-mor.



Figura 8: Mau Estado de conservação do forro do altar-mor.  
© Larissa Silva, 2016.



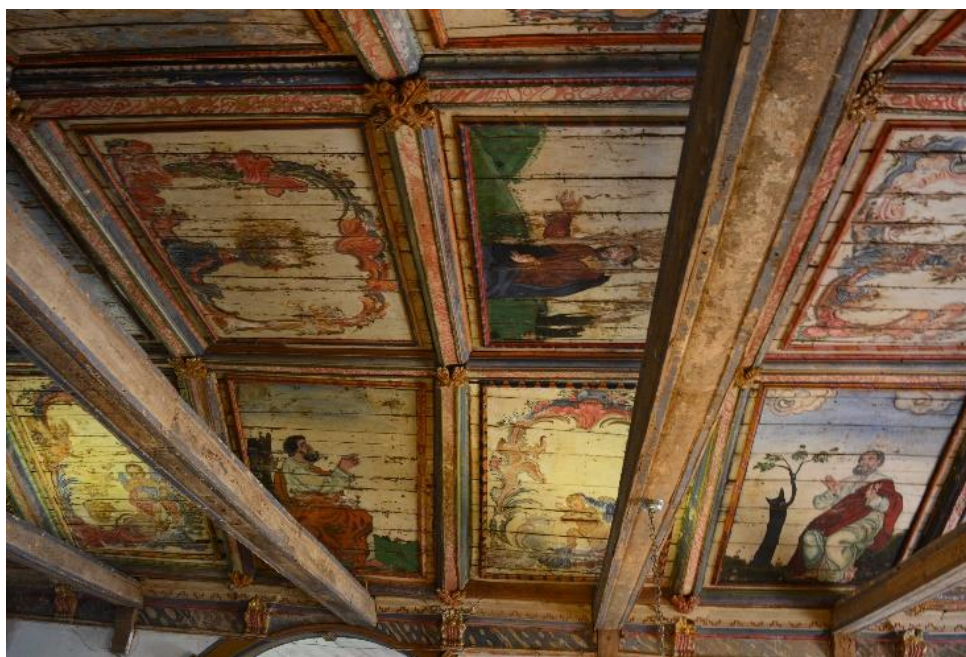


Figura 9: Mau Estado de conservação do forro da nave.  
©Larissa Silva, 2016.

O acesso a cobertura é feito através das portas laterais do altar-mor, onde é possível ter acesso as tesouras que compõem o telhado. Não há espaçamento entre as telhas e a tesoura.

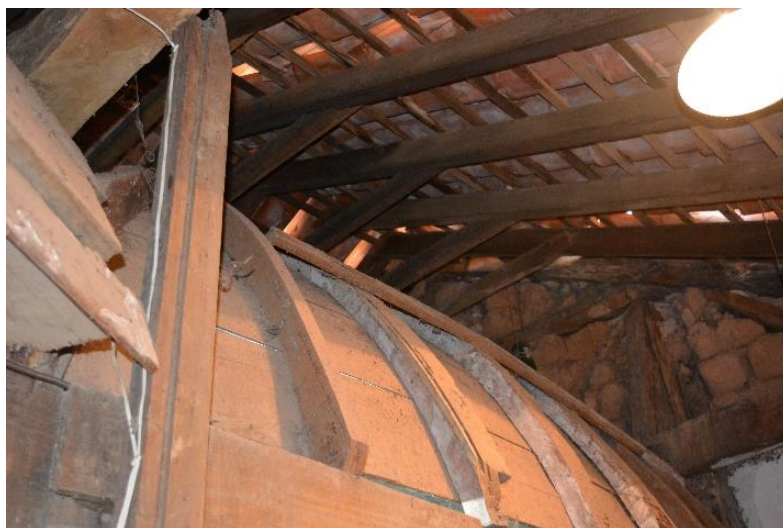


Figura 10: Vista interna dos caibros do telhado.  
©Larissa Silva, 2016.

Foram adotadas algumas soluções a fim de amenizar os deslocamentos laterais das tesouras, como o travamento com barras de ferro ao longo da nave da igreja (figura 11), com acabamentos em madeira- e escoramentos em madeira ao longo das paredes (figura 12), estes últimos tendo vindo a fragilizar ainda mais as paredes de pau-a-pique devido a sua má execução.

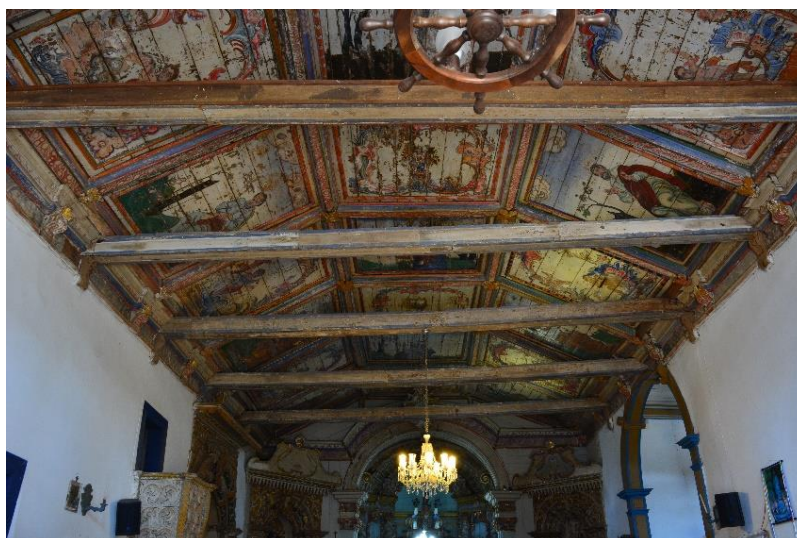


Figura 11: Barras de travamento ao longo da igreja.  
©Larissa Silva, 2016.



Figura 12: Escoramento nas paredes laterais da igreja.  
©Larissa Silva, 2016.

### 3.2 Igreja de São José

A igreja está localizada num terrapleno artificial, contido por muros de pedra, que já sofreram danos em época remota, e que exigiram um trabalho de contenção em concreto armado, com atirantamento e revestimento da pedra da região. As alvenarias das fachadas são em adobe com espessura de 90 centímetros nas áreas superiores e de 1,20 metros na base inferior. Já as alvenarias interiores, da sacristia, da nave e capela-mor são de pau-a-pique. No estado atual, a Igreja de São José, destaca-se das demais edificações históricas religiosas de Ouro Preto pela peculiar característica de seu frontispício. Com efeito, o acréscimo feito no século XIX, que exigiu o aumento da alvenaria em enorme e desproporcional espessura, trouxe a portada para a frente, sobre um plano, enquadrado de pilastras de pedra e com cantos arredondados onde foram colocadas falsas janelas. Sobre essa espécie de nartex existe um terraço, com balaustrada barroca, de pedra-sabão [15]. Sobre esse terraço avança o corpo da torre, com óculo envidraçado, cujo traço combina retas e

curvas: acima do óculo situa-se um relógio circular, contido pela curva do entablamento simples de perfil curvo, diferente do entablamento emoldurado do corpo alto da igreja. A torre é simples, quadrangular, com cantos curvos e sineiras altas, é curvada por uma cúpula bulbosa enquadrada por quatro pináculos, mas desprovida de arremate final, possivelmente desaparecido. O corpo principal da fachada é recuado, rematado por dois cunhais, entablamento moldurado, pináculos piramidais e duas aletas em consolo invertido, molduradas e cobertas de telhas e que ocultam a linha de topo da cobertura. Duas portas ao nível do coro dão acesso ao terraço da frente. A nave apresenta quatro altares, sendo dois de tabuado liso e dois da talha antiga. A capela-mor, dotada de tribunas, fora projetada em 1772, por Antônio Francisco Lisboa, o Aleijadinho [15]. O Altar e os retábulos são obras em talha policromada e com douramentos, com colunas lisas caneladas retas na parte superior e caneluras sinuosas no terço inferior, sobre as quais nascem o entablamento principal e o grande arco externo. Os forros da nave e capela-mor são em tábuas de madeira, com encaixe macho e fêmea, em formato de abóboda, revestidos por tinta látex acrílica branca que oculta a policromia original [15]



Figura 13: Fachadas lateral e frontal da Igreja de São José.  
©Larissa Silva, 2016.





Figura 14: Altar-mor da Igreja de São José.  
©Larissa Silva, 2016.

Com o deslocamento das paredes laterais mais acentuados que a Igreja de São Bartolomeu, a Igreja de São José, também apresenta barras de ferro ao longo da nave para dificultar os empuxos laterais causados pela instabilidade da tesoura de caibro-armado. Acredita-se que a vibração causada pelo trânsito automóvel tenha agravado os deslocamentos das alvenarias. Na vistoria, realizada no dia 11 de outubro de 2016, constatou-se uma curvatura acentuada ao longo de toda a alvenaria da nave.





Figura 15: Barras de travamento em ferro das paredes laterais.  
© Larissa Silva, 2016.

As deformações laterais são uma preocupante realidade da edificação. Na última intervenção datada no ano de 2011, não houve nenhuma ação destinada à contenção destes deslocamentos laterais.



Figura 16: Deformação da alvenaria lateral interna.  
©.Larissa Silva, 2016.



Figura 17: Pormenor da deformação da alvenaria.  
©.Larissa Silva, 2016.

#### 4. ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS APLICADOS A EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS

Os ensaios não-destrutivos (END) são procedimentos praticados em um material que não alteram, de forma permanente, as propriedades mecânicas, químicos, físicos ou dimensionais iniciais do material [16], ocasionando danos nulos ou imperceptíveis, permitem o controle de propriedades dos materiais, com economia de tempo e o retorno do material ao local de trabalho após a sua inspeção [17]. Os métodos mais comuns de END incluem ultra-som, tomografia acústica, resistograph, partículas magnéticas, líquido aparente, radiografia [16].

Carrasco (2015) [18] em sua metodologia para práticas de reabilitação denominada AIEAM (Avaliação da Integridade de Estruturas Antigas de Madeira), descreve os procedimentos como a inspeção, diagnóstico e terapia vitais as boas práticas de preservação do patrimônio em intervenções em edificações históricas. Para a determinação da aparência fitossanitária da madeira a metodologia utiliza dois tipos de ensaios não-destrutivos aplicados separadamente ou combinados, sendo estes:

- a) Tomografia acústica;
- b) Método Ultra-sônico;

Na etapa de desenvolvimento das inspeções realizadas nos estudos de caso em análise neste artigo, foi pré-estabelecido que os ENDs a serem aplicados nas estruturas seriam a Tomografia Acústica, o qual possui como princípio físico a emissão e o percurso de ondas acústicas e visa a determinação da configuração física interna de peças atacadas por organismos xilófagos, avaliando também a resistência residual de madeiras antigas e avaliação da rigidez, e o Método Ultra-sônico, que consiste na propagação de ondas ultra-sônicas de frequência baixa, sendo adequada a elementos considerados heterogêneos. A opção inicial por estes dois métodos de análise justifica-se devido à mobilidade permitida por ambos, visto que as edificações estão a mais de 97 km de distância do

laboratório LAEES- UFMG (Laboratório de Análise Experimental de Estruturas), e pela precisão aos vazios e a perda de resistência mecânica facilmente detectada por esses equipamentos.

A metodologia estabelecida à instrumentação foi:

- Método ultra-sônico: Após a inspeção visual das tesouras de caibro-armado, serão selecionadas peças que apresentarem anomalias no seu estado de conservação. O tempo de propagação do pulso é fornecido diretamente pelo aparelho de ultra-som e a velocidade será determinada pela equação:

$$V = \frac{l}{t} \quad (2)$$

Onde  $l$  é a distância percorrida e  $t$  o tempo de propagação do pulso.

- Tomografia acústica: A posição dos transdutores será colocada de acordo com a disposição dos caibros no telhado. A discretização dos pontos será de acordo ao tipo de madeira, geometria da peça e do telhado. Para o estudo tri-dimensional serão utilizados dois planos distanciados de no máximo 40 cm. As demais características de este ensaio serão analisadas durante o planejamento experimental característico a cada edificação.

Deve-se salientar que a inspeção visual precede quaisquer métodos, é o primeiro passo na análise de um elemento estrutural de madeira [19]. Utilizando-se da técnica de inspeção visual o profissional habilitado para tal, pode facilmente desenvolver uma avaliação qualitativa da integridade estrutural relativa de elementos individuais [20]. Assim sendo a aplicabilidade dos END's fica mais precisa, auxiliando a assertividade das patologias a serem analisadas, direcionando de forma precisa as soluções a serem aplicadas as peças de madeira.

## 5. CONCLUSÕES PRELIMINARES

O Brasil possui uma considerável multiculturalidade devido ao fenômeno colonizador continental. Sob influência das principais nações européias como a França, Espanha, Holanda, Alemanha, Itália e Inglaterra, edificamos nosso patrimônio histórico. De Portugal importamos artistas e tecnologias que contribuíram para ajudar a edificar os monumentos e centros urbanos. A concentração de edificações com elementos construtivos coloniais nos centros históricos, frequentemente esquecidas ou abandonadas representa um desafio de preservação dada a sua volumetria e valor histórico. A inexistência de um inventário estadual e nacional coloca-as em risco de desaparecimento e sujeita-as à descaracterização de ações de reabilitação executadas sem os critérios adequados ao patrimônio construído histórico. Os ensaios não-destrutivos são uma metodologia pouco explorada nas intervenções, seja no nível de reabilitação ou de conservação, das edificações e suas estruturas de madeira. Neste contexto, conclui-se, nesta fase da investigação que o levantamento das tipologias estruturais brasileiras do século XVIII é de extrema importância, tendo em conta que é crucial implementar procedimentos adequados e critérios rigorosos aplicáveis ao setor da preservação da herança cultural edificada nacional.

## REFERÊNCIAS

- [1] Custódio, José de Arimathéia Cordeiro. *A arquitetura de defesa no Brasil Colonial*. Londrina, v.67, n.10, p-173-194, jan/jun.2011.
- [2] Tirapeli, Percival. *Arte colonial: barroco e rococó*. Companhia Editora Nacional (Coleção Arte Brasileira), São Paulo, 2006.
- [3] Carta de Cracóvia. Princípios para a Conservação e o Restauro do Patrimônio Construído. Cracóvia, Polónia. Outubro, 2000.
- [4] ICOMOS. *Carta de Burra*. Conselho Internacional de Monumentos e Sítios. ICOMOS, 1980.
- [5] Associação Brasileira de Normas Técnicas. <http://www.abnt.org.br/>. Acesso em 05/01/2017.

- [6] Silva, Larissa Camilo. Avaliação do desempenho estrutural da tesoura de caibro-armado e solução em aço para telhados coloniais. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto.
- [7] Pereira, Renata Lopes. *Estruturas de Coberta da Arquitetura Religiosa em Pernanbuco. Tipologia, Patologia e Intervenções*. Revista Brasileira de Arquemoetria, Restauração e Conservação. Vol. 1, nº 6, pp.332 – 337. Editora AERPA, 2007.
- [8] Paço dos Duques de Bragança. Residência Oficial do Presidente da República. Museu. Categoria: MN - Monumento Nacional, Decreto de 16-06-1910, nº 136, de 23 junho 1910 /ZEP, Portaria, DG, 2ª série, nº 170, de 23 julho 1955 \* 1/ Incluído na Zona Especial de Proteção do Núcleo Urbano da Cidade de Guimarães (v. PT010308340101).
- [9] Santos, Paulo F. *A Arquitetura Religiosa em Ouro Preto*. Livraria Kosmos. Rio de Janeiro, 1951.
- [10] Vasconcellos, Diogo de. *História das Minas Gerais*. Belo Horizonte: Itatiaia, 1974 (2 vols).
- [11] Caderno de Encargos. Ministério da Cultura, Programa Monumenta. Brasília, 2005.
- [12] Neves, André E. P. S. das. *Avaliação, Tratamento e Consolidação de Madeira em Edifícios Antigos*. Trabalho final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia civil. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Dezembro, 2013.
- [13] Gonzaga, Armando Luiz. *Madeira: Uso e Conservação*. Cadernos Técnicos. IPHAN, Brasília, 2006.
- [14] Branco, Fernando; Brito, Jorge; Flores, Ines; Gaspar, Florindo; Santos, Sandrina; Paulo, Pedro; Campos, João; Alexandre, Joel. *Diagnóstico e Patologia de Construções em Madeira*. Departamento de Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico.
- [15] Instituto Nacional do Patrimônio Histórico Artístico Nacional. *Memorial descritivo do tombamento da Igreja de São Bartolomeu e Igreja de São José*. Acervo disponível: Escritório IPHAN – Belo Horizonte, biblioteca Casa do Conde, Bel Horizonte, Minas Gerais.
- [16] Cintra, José Carlos A.; Aoki, Nelson; Tsuha, Cristina de H. C.; Giacheti, Heraldo Luiz. *Fundações: Ensaaios estáticos e dinâmicos*. Oficina dos textos, 2013. ISBN 8-579-75161-6.
- [17] Daniewicz, S. R.; Newman, J. C.; Schwalbe, K.; *Fatigue and Fracture Mechanics*. Volume 34, ASTM International, 2005. ISBN 0-8031-3487-8. ISSN 1040-3094 (em inglês).
- [18] Carrasco, Edgar Mantilla. *Seminário: Reabilitação e Reforço de Estruturas Antigas de Madeira: Tesouras Tradicionais*. Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2015.
- [19] Teixeira, Amanda Roca. *Metodologia para Determinação da Integridade da Madeira de Edificação Históricas por meio de Pulsos Ultra-Sônicos*. Trabalho final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Estruturas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.
- [20] Azevedo Júnior, A. P. *Avaliação não-destrutiva de propriedades mecânicas de madeira através da técnica de ultra-som: Fundamentos físicos e resultados experimentais*. Trabalho final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2002.